

คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในของต้นแบบรถขายอาหารเคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมสุขภาพของผู้ขาย

Indoor Environmental Quality of the Food Trailer Prototype to Promote Vendor Health

รับบทความ	05/01/2569
แก้ไขบทความ	03/06/2569
ยอมรับบทความ	08/06/2569

ชานนท์ ต้นประวดี^{1*} ประชา พิจักขณา² พิมพ์จุฑา พิกุลทอง² อุทัยวรรณ ประสงค์เงิน²
¹สาขาวิชาการออกแบบบรรจุภัณฑ์และการพิมพ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
²สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Chanon Tunprawat¹, Pracha Pijukkana², Pimchutha Pigunthong², Uthaiwan Prasongngoen²

¹Department of Packaging Design and Printing, Faculty of Architecture and Design,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

²Department of Industrial Product design, Faculty of Architecture and Design,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

chanon.t@rmutp.ac.th, pracha.p@rmutp.ac.th, darunrat.p@rmutp.ac.th, uthaiwan.p@rmutp.ac.th

*ผู้ประพันธ์บรรณานุกรม

บทคัดย่อ

รถขายอาหารเป็นส่วนหนึ่งของธุรกิจอาหารริมทางซึ่งเป็นห่วงโซ่เศรษฐกิจระดับฐานรากที่มีความสำคัญ ผู้ใช้รถขายอาหารต้องเผชิญกับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมริมทาง เช่น ความร้อน ฝุ่นละออง และเสียงรบกวนเป็นประจำ ซึ่งกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นรถขายอาหารที่ช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพจากสภาพแวดล้อมจึงมีความจำเป็นต่อผู้ประกอบการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานไปสู่แนวทางการออกแบบรถขายอาหารเคลื่อนที่และเปรียบเทียบคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายใน ระหว่างต้นแบบรถขายอาหารในโครงการรูปแบบปิดพื้นที่และรถขายอาหารที่นำมาร่วมทดสอบรูปแบบเปิดพื้นที่ โดยเป็นการทดลองภาคสนามและเก็บข้อมูลเชิงปริมาณมีตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่น (PM_{2.5}) และความดังของเสียง พื้นที่การวิจัยริมทางถนนนครินทร์ บริเวณสะพานพระรามห้า จังหวัดนนทบุรี เก็บข้อมูลระยะเวลา 14 ชั่วโมง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทางสถิติใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการวิจัยพบว่า ต้นแบบรถขายอาหารที่พัฒนาขึ้นมีสภาพแวดล้อมภายในที่เหมาะสมกว่ารถขายอาหารรูปแบบทั่วไปที่นำมาร่วมทดสอบ โดยมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยต่ำกว่า (31.6 °C เทียบกับ 36.6 °C) ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกว่า (31.9–66.2% เทียบกับ 28.3–70.2%) มีปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} ภายในเฉลี่ยต่ำกว่า (25.0 µg/m³ เทียบกับ 27.7 µg/m³) และมีระดับเสียงภายในเฉลี่ยต่ำกว่า (81.7 dB(A) เทียบกับ 85.9 dB(A)) ผลจากการวิจัยจะนำไปสู่การพัฒนาต้นแบบรถในโครงการต่อไป

คำสำคัญ: รถขายอาหารเคลื่อนที่ ผลกระทบสภาพแวดล้อม คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายใน ส่งเสริมสุขภาพ

Abstract

Food trucks are part of the street food sector, which plays an important role in the grassroots economic chain. However, food truck operators are regularly exposed to environmental impacts from roadside conditions, such as heat, particulate matter, and traffic noise. Therefore, food trucks that can mitigate these environmental impacts are essential for vendors. This study aimed to examine environmental changes affecting users and to develop design considerations for mobile food trailers. In addition, the study compared indoor environmental quality between a prototype enclosed food trailer developed in the project and a conventional open-type food trailer used for comparison.

This research employed a field experiment with quantitative data collection. The dependent variables included temperature, relative humidity, PM2.5 concentration, and sound level. The study was conducted along Nakhon In Road near Rama V Bridge, Nonthaburi Province, Thailand. Data were collected over a 14-hour period. The data were analyzed using descriptive statistics, including frequency, mean, and standard deviation, and inferential statistics using analysis of variance (ANOVA).

The results indicated that the prototype food trailer provided more suitable indoor environmental conditions than the open-type food trailer used for comparison. The prototype showed a lower average indoor temperature (31.6 °C compared with 36.6 °C), more appropriate relative humidity levels (31.9–66.2% compared with 28.3–70.2%), lower average indoor PM2.5 concentrations (25.0 µg/m³ compared with 27.7 µg/m³), and lower average interior noise levels (81.7 dB(A) compared with 85.9 dB(A)). The findings of this study will contribute to the further development of the food trailer prototype in subsequent project phases.

Keywords: *food trailer, environmental impacts, indoor environmental quality, health promotion*

บทนำ

การขายอาหารริมทางเป็นธุรกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจระดับฐานรากของประเทศไทยมาอย่างยาวนาน โดยก่อให้เกิดห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องมือ และบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการสร้างการจ้างงานในหลายระดับ การจำหน่ายอาหารโดยใช้รถขายอาหาร (food truck หรือ food trailer) เป็นรูปแบบหนึ่งของธุรกิจอาหารริมทางที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีการคาดการณ์ว่า ตลาดรถขายอาหารทั่วโลกในช่วง ค.ศ. 2023–2033 จะมีมูลค่าสูงถึง 42.30 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปี (CAGR) ประมาณ 6.6% ทั้งนี้ ภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกคาดว่าจะ เป็นภูมิภาคที่มีการเติบโตสูงที่สุด (Spherical Insights, 2024) ปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการเติบโตของธุรกิจนี้ ได้แก่ ความสำเร็จในการบริโภคอาหารริมทางที่เพิ่มขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของผู้บริโภคที่มีความเร่งรีบและต้องการรูปแบบการรับประทานอาหารที่สะดวกและคล่องตัวมากขึ้น (Bispo & Almeida, 2020: 2)

การประกอบธุรกิจรถขายอาหารได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากใช้เงินลงทุนเริ่มต้นไม่สูง มีความยืดหยุ่นในการดำเนินธุรกิจ และสามารถสร้างเอกลักษณ์ของสินค้าและแบรนด์ได้ง่าย ปัจจุบันผู้ประกอบการยังนิยมใช้สื่อสังคมออนไลน์ (social media) ในการสื่อสารกับผู้บริโภคและสร้างความภักดี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสนับสนุนความสำเร็จของธุรกิจรถขายอาหาร (Kraus et al., 2022: 2) รถขายอาหารไม่ได้เป็นเพียงสถานที่จำหน่ายอาหารเท่านั้น แต่ยังทำหน้าที่เป็นพื้นที่ปฏิบัติงานและเป็นองค์ประกอบสำคัญของภาพลักษณ์ทางธุรกิจอีกด้วย

จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยพบว่า การใช้ยานรถขายอาหารยังมีข้อจำกัดหลายประการที่ควรได้รับการพัฒนาเพื่อยกระดับการใช้งานและสร้างมาตรฐาน ได้แก่ ข้อจำกัดด้านพื้นที่การใช้งานภายในรถ ข้อกำหนดทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสุขลักษณะของสถานที่จำหน่ายอาหารและผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ในภาพรวมของโครงการ ดังนี้ 1) ออกแบบเพื่อเพิ่มพื้นที่การใช้งานเพราะภายในรถมีพื้นที่จำกัด ซึ่งส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้ใช้และส่งผลต่อประสิทธิภาพในกิจกรรมต่าง ๆ 2) ออกแบบเพื่อส่งเสริมสุขาภิบาลในการจำหน่ายอาหาร โดยมีบทบัญญัติของกฎกระทรวงสุขลักษณะของสถานที่จำหน่ายอาหาร พ.ศ. 2561 เป็นข้อกำหนดสำหรับสถานที่จำหน่ายอาหารโดยทั่วไป และ 3) ออกแบบเพื่อส่งเสริมสุขภาพของผู้ใช้รถขายอาหาร สภาพแวดล้อมริมทางมักจะพบมลภาวะ เช่น สภาพอากาศที่มีความร้อนสูง มลพิษทางอากาศ ฝุ่นละออง และเสียงดังจากการจราจรเป็นระยะเวลานานในแต่ละวัน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้รถขายอาหารทั้งในระยะสั้นและระยะยาว จากประเด็นดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างต้นแบบรถขายอาหารที่สามารถปรับขยายพื้นที่การใช้งานได้ โดยอุปกรณ์ภายในสามารถเคลื่อนย้ายได้ และตัวรถมีลักษณะพื้นที่ปิด (enclosed space) พร้อมระบบปรับอากาศ โดยบทความวิจัยนี้เป็นการแสดงการทดสอบและเปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมภายใน ระหว่างต้นแบบรถขายอาหารในโครงการและรถขายอาหารที่นำมาเปรียบเทียบรูปแบบพื้นที่เปิด (open space) โดยคาดว่า รูปแบบพื้นที่ปิดสามารถช่วยในการปิดกั้นมลภาวะจากสภาพแวดล้อมภายนอกซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้รถฯ อีกทั้งยังช่วยในการป้องกันฝุ่นซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพาหะที่ติดในภาวโลหะหนัก สารเคมี เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส และเป็นแหล่งสะสมของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ซึ่งสามารถฟุ้งกระจายและปนเปื้อนในอาหารริมทางได้โดยตรง (Amesho et al., 2021: 3; Tran et al., 2024: 2) รวมทั้งป้องกันสัตว์และแมลงที่ส่งผลต่อความสะอาดของอาหาร แม้ว่างานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมต่อผู้ประกอบการอาหารริมทางและสภาพแวดล้อมเมืองอยู่บ้าง แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกหรือสภาพแวดล้อมภายในอาคารทั่วไป ขณะที่การศึกษาคูณภาพสิ่งแวดล้อมภายในของรถขายอาหารเคลื่อนที่ โดยเฉพาะในบริบทภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยยังมีจำกัด ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในระหว่างต้นแบบรถขายอาหารรูปแบบพื้นที่ปิดและรถขายอาหารรูปแบบพื้นที่เปิด เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานสำหรับการพัฒนาการออกแบบรถขายอาหารที่เหมาะสม นำไปสู่การสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในของรถ เพื่อส่งเสริมสุขภาพของผู้ประกอบการและสนับสนุนระบบเศรษฐกิจฐานรากของประเทศ

สถานการณ์สิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพ

สิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตเป็นอย่างมาก สำหรับผู้ใช้รถขายอาหาร ปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่ต้องพบเป็นประจำ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (ความร้อน) ความชื้นในอากาศ ก๊าซพิษ ฝุ่นละออง และเสียงดังจากการจราจร โดยมีข้อมูลที่สำคัญ ดังนี้

อุณหภูมิอากาศ (ความร้อน)

ความร้อนเป็นปัญหาเร่งด่วนสำหรับประเทศไทย ความร้อนส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนไทยอย่างกว้างขวางในประเทศไทย มีผู้เสียชีวิตจากความร้อน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558–2564 จำนวน 234 คน (เฉลี่ย 33 คนต่อปี) และมีผู้ป่วยที่มีสาเหตุมาจากการอยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนจัดเป็นเวลานานประมาณ 2,500–3,000 คนต่อปี (กรมอนามัย, 2567: 1) กรมอุตุนิยมวิทยา (2567) รายงานสภาวะอากาศของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2567 มีอุณหภูมิค่าเฉลี่ยทั้งปี 28.5 °C ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2534–2563) และเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดในรอบ 74 ปี (พ.ศ. 2494–2567) ของประเทศไทย จากข้อมูลความร้อนในประเทศไทยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความร้อนส่งผลกระทบต่อสุขภาพในหลายระดับ ตั้งแต่ระดับรุนแรงน้อย เช่น ผื่นจากความร้อน (heat rash) ตะคริวจากความร้อน (heat cramps) จนถึงระดับรุนแรงมาก เช่น โรคลมแดด (heat exhaustion) โรคลมร้อน หรือฮีทสโตรก (heat stroke) เป็นต้น (กรมอนามัย, 2567: 5) ผู้ใช้รถขายอาหารต้องจอดบริเวณริมถนนที่โล่งแจ้ง จึงเผชิญความร้อนเป็นประจำโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน

ความชื้นสัมพัทธ์

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนใกล้กับเส้นศูนย์สูตรจึงทำให้อากาศร้อนชื้นเกือบตลอดทั้งปี โดยภาพรวมประเทศไทยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีที่ 72–74% และจะลดลงเหลือ 62–69% ในช่วงฤดูร้อน (กรมอุตุนิยมวิทยา, (ม.ป.ป.)) ความชื้นส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้รถจำหน่ายอาหาร ในกรณีที่ความชื้นในอากาศต่ำ จะส่งผลให้รู้สึกไม่สบายตัว ปากแห้ง ผิวแห้ง แสบตาหรือแสบในลำคอ และในกรณีที่ความชื้นในอากาศสูงจะส่งผลให้รู้สึกเหนียวตัว ส่งผลต่อระบบหายใจ การเต้นของหัวใจ และที่สำคัญความชื้นยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราหรือเชื้อแบคทีเรียภายในรถ ซึ่งส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและการติดเชื้อของผู้ใช้รถขายอาหาร (Guarnieri et al., 2023: 1) และยังส่งผลต่ออาหารที่จัดเตรียมภายในรถด้วย

ฝุ่น PM_{2.5}

ฝุ่นละอองเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอันดับต้น ๆ ของโลก (Manisalidis et al., 2020: 1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีอนุภาคเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน หรือที่เรียกว่า PM_{2.5} ซึ่งแหล่งที่มาหลักเกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล การเผาจากการเกษตร และการเผาไหม้น้ำมันของมนุษย์ (Navaporn Kanjanasiranont et al., 2022: 1) ฝุ่นขนาดเล็กเป็นมลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์มากที่สุด เนื่องจากสามารถแทรกซึมเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและกระแสเลือดได้โดยตรง จากการศึกษาเมืองต่าง ๆ ทั่วโลกมากกว่า 3,000 เมือง พบว่า 99% ของจำนวนเมืองในเขตเอเชียใต้และ 95% ของจำนวนเมืองในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ไม่ผ่านเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก (IQAir AirVisual, 2019: 4) ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวกำหนดค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ใน 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 15 µg/m³ และรายปีไม่เกิน 5 µg/m³ (WHO, 2021: xvii) ฝุ่น PM_{2.5} เป็นฝุ่นปฐมภูมิ (primary particle) มีสารประกอบต่าง ๆ ที่หลากหลายทั้งด้านกายภาพ และด้านเคมี (World Health Organization [WHO], 2021: 74) การเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในช่วงต่าง ๆ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยยะสำคัญกับอัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดในประเทศไทย (Buya, et al., 2025: 8) ริมถนนเป็นจุดที่มีฝุ่นละอองปริมาณมากและฟุ้งกระจาย ผู้ใช้รถขายอาหารจะได้รับฝุ่นละอองตลอดเวลาในช่วงจำหน่ายอาหาร ฝุ่นละอองยังปนเปื้อนในอาหารได้โดยง่าย ถ้าไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน

เสียงดัง

มลพิษทางเสียง (เสียงดัง) เป็นปัญหาที่สำคัญและทวีความรุนแรงมากในเขตเมือง กรมควบคุมมลพิษ (2567: 14) รายงานว่าในปี พ.ศ. 2565 พื้นที่ริมถนนเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลโดยเฉลี่ยจะมีเสียงดัง 69.4 dB(A) เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 ที่ 69.2 dB(A) เล็กน้อย การจราจรเป็นแหล่งกำเนิดเสียงหลัก ซึ่งบริเวณริมถนนในเมืองใหญ่มักมีระดับเสียงเกินเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB(A) เสียงดังส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งทางร่างกาย เช่น ทำลายประสิทธิภาพการได้ยิน การได้ยินเสื่อม และสุขภาพใจ เช่น ทำให้รำคาญ เครียด

ไม่สบายใจ โดยจะส่งผลข้างเคียงต่อร่างกาย เช่น ทำให้วิตกกังวล หวาดระแวง และนอนไม่หลับ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2555: 21) ผู้ใช้รถขายอาหารจะได้รับเสียงจากการจราจรเป็นประจำสม่ำเสมอ

กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม มลพิษและสุขภาพในประเทศไทย

ด้านความร้อน การจัดการสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับความร้อน โดยกำหนดให้ต้องควบคุมความร้อนและรักษาระดับความร้อนในสถานประกอบการมีให้เกินมาตรฐานค่าเฉลี่ยดัชนีมาตรฐานที่ใช้ประเมินความเครียดจากความร้อนของมนุษย์ โดยรวมผลของอุณหภูมิ ความชื้น รังสีความร้อน และลม เพื่อสะท้อนภาวะความร้อนจริงของสภาพแวดล้อมอุณหภูมิที่เรียกว่า ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเวตบัลโกลบ (Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)) (กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559, 2559) กำหนดตามลักษณะการใช้แรงงานใน 3 ระดับ ได้แก่ ลักษณะงานเบา งานปานกลาง และงานหนัก โดยต้องควบคุมความร้อนไม่เกิน ที่ 34 °C 32 °C และ 30 °C ตามลำดับ

ความชื้น ยังไม่มีกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับในประเทศไทยที่เป็นมาตรฐานกำหนดชัดเจน แต่ก็ต้องมีค่าแสดง ในรายงานการประเมินค่าความร้อน WBGT เพื่อใช้ในการประเมินสภาพแวดล้อมในสถานประกอบการ เพื่อความเหมาะสมทั่วไปจะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 40%–60%

ฝุ่น PM_{2.5} ในประเทศไทยได้มีการกำหนดค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 37.5 µg/m³ และในบรรยากาศโดยทั่วไปค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) ในเวลา 1 ปี จะต้องไม่เกิน 15 µg/m³ (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไป, 2565)

ความดังของเสียง มีการกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ได้แก่ 1) ค่าระดับเสียงสูงสุด ไม่เกิน 115 dB(A) และ 2) ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน 70 dB(A) (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป, 2540) และในบริเวณสถานประกอบการต้องควบคุมมิให้เกิดเสียงที่มีระดับเสียงสูงสุด (peak sound pressure level) ของเสียงกระทบหรือเสียงกระแทก (impact or impulse noise) เกิน 140 dB(A) หรือได้รับสัมผัสเสียงที่มีระดับเสียงดังต่อเนื่องแบบคงที่ (continuous steady noise) เกินกว่า 115 dB(A) และถ้าได้รับเสียงเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 8 ชั่วโมงในเวลาทำงาน ตั้งแต่ 85 dB(A) ขึ้นไป จะต้องมีการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบการนั้น (กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559, 2559)

คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายใน (Indoor Environmental Quality: IEQ)

เนื่องด้วยรถขายอาหารเคลื่อนที่มีพื้นที่ภายในเป็นเสมือนอาคารขนาดเล็กภายในของรถจึงจำเป็นต้องมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานและส่งเสริมสุขภาพของผู้ใช้ให้รองรับกับสถานการณ์สิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงในอนาคต คณะผู้วิจัยจึงนำแนวคิดและทฤษฎีคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในมาประยุกต์ใช้ เพื่อพิจารณาประเด็นที่เกี่ยวข้องในการวิจัย ดังนี้

ความสบายทางอุณหภูมิ (Thermal Comfort)

เป็นการพิจารณาสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อความรู้สึกพึงพอใจและไม่พึงพอใจทางความร้อนภายในอาคาร ซึ่งมาจากการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (air temperature) อุณหภูมิแผ่รังสีเฉลี่ยจากพื้นผิวรอบตัว (mean radiant temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ความเร็วลม (air velocity) โดยมีปัจจัยด้านสรีระที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (metabolic rate) และเสื้อผ้า (clothing Insulation) (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2021: 3) จะเห็นได้ว่า ในการวัดความสบายทางอุณหภูมิ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก สำหรับการวิจัยนี้ใช้การพิจารณาตัวแปร ระดับอุณหภูมิ (ความร้อน) และความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เพื่อใช้ศึกษาข้อมูลในขั้นเบื้องต้น

คุณภาพอากาศภายใน (Indoor Air Quality: IAQ)

เป็นการพิจารณาสิ่งปนเปื้อนในอากาศภายในอาคารที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้งานอาคาร Posudin (2014: 223) ได้กล่าวถึงสารมลพิษหลักที่พบในอากาศภายในอาคาร ประกอบด้วย

- สารมลพิษอินทรีย์ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซน
- สารมลพิษอินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) พอร์มาลดีไฮด์ สารกำจัดศัตรูพืช

สารไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติกหลายวง (PAHs) และสารโพลีคลอรีเนตไบฟีนิล (PCBs)

- สารมลพิษทางกายภาพ ได้แก่ ฝุ่นละออง (particulate matter) แร่ใยหิน (asbestos) และเส้นใยแร่ที่มนุษย์สร้างขึ้น รวมถึงควันบุหรี่ในสิ่งแวดล้อม และมลพิษที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้

- สารปนเปื้อนจากจุลชีพและชีวภาพ และสารมลพิษกัมมันตรังสี เช่น เรดอน (radon) ฝุ่นละอองเป็นประเด็นปัญหาสำหรับการวิจัยนี้ โดยการวิจัยเป็นการทดสอบต้นแบบรถขายอาหารที่คาดว่า มีผลต่อการป้องกันฝุ่น PM_{2.5} จากสภาพแวดล้อมภายนอก

คุณภาพด้านเสียง (Acoustic Comfort)

เป็นการพิจารณาเกี่ยวกับมลพิษทางเสียง ได้แก่ เสียงที่ดังเกินไปจนทำให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินหรือเสียงรบกวน ไม่ว่าเสียงนั้นจะดังหรือไม่ก็ตาม (กรมควบคุมมลพิษ, 2555: 7) การพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพเสียงมีในหลายประเด็น สำหรับการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันเสียงรบกวนระหว่างพื้นที่ (sound insulation) โดยเป็นการทดสอบต้นแบบรถขายอาหารที่ออกแบบในโครงการ ซึ่งคาดว่า มีผลต่อการป้องกันเสียงดังหรือเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกตัวรถ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในประเด็นปัญหาสภาพแวดล้อมภายนอกรถขายอาหารที่ส่งผลต่อสุขภาพผู้ใช้ โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการทดสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายใน แต่มีได้นำประเด็นคุณภาพทางการมองเห็น (visual quality) มาทำการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งจะนำไปศึกษาในอนาคตต่อไป

รูปแบบและลักษณะรถขายอาหารในโครงการ

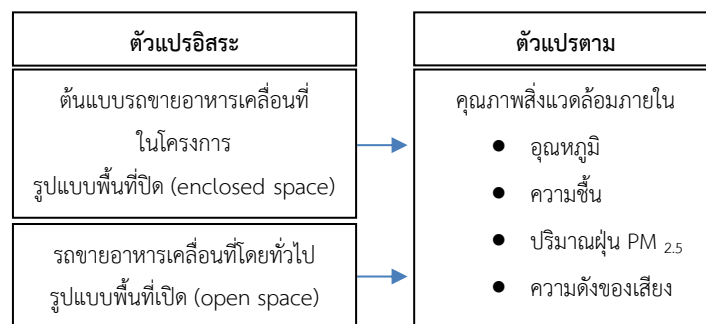
รถขายอาหารในโครงการเป็นรถประเภทลากจูง (รย.16 รถพ่วง) ที่ออกแบบให้สามารถปรับขยายพื้นที่การใช้งานภายในรถเพิ่มได้ โดยการออกแบบฝาท้ายรถเพื่อเป็นส่วนพื้นรถสามารถขยายและพับเก็บด้วยระบบไฮดรอลิก และออกแบบให้รถมีโครงสร้างภายนอกที่ทับซ้อนโครงสร้างภายใน เมื่อต้องการขยายพื้นที่จะสามารถเลื่อนโครงสร้างภายนอกลงบนฝาท้ายเพื่อเพิ่มพื้นที่การใช้งานภายในของรถได้ ซึ่งหลังจากจำหน่ายอาหารแล้วสามารถปรับลดขนาดเพื่อสะดวกในการลากและการจอดเก็บ ขนาดพื้นที่ภายในก่อนปรับขยายที่ 1.80 x 1.80 x สูง 2.00 เมตร (3.24 ตร.ม.) ขนาดพื้นที่ภายในหลังปรับขยายที่ 1.80 x 3.00 x สูง 2.00 เมตร (5.40 ตร.ม.) โครงสร้างรถประกอบจากเหล็กรูปพรรณหลายขนาด ผนังด้านนอกเป็นวัสดุอลูมิเนียมหนา 0.9 มม. กระจกด้านในด้วยพอลิคาร์บอเนตหนา 1 นิ้ว ผนังด้านในเป็นวัสดุสแตนเลส 304 หนา 0.7 มม. วงกบประตูและหน้าต่างเป็นวัสดุอะลูมิเนียมและติดตั้งกระจกเพื่อใช้ปิดกั้นพื้นที่จากสภาพแวดล้อมภายนอกและใช้เครื่องปรับอากาศ ต้นแบบรถพ่วงด้วยสีขาว อุปกรณ์ภายในออกแบบโดยใช้แนวคิดระบบโมดูลาร์ จึงสามารถเคลื่อนที่ได้อิสระและปรับเปลี่ยนตำแหน่งอุปกรณ์ได้ตามต้องการเพื่อให้สามารถส่งเสริมประสิทธิภาพของการใช้งานภายในและเหมาะสมกับรูปแบบการปรับขยายพื้นที่ ระบบไฟฟ้าใช้ระบบไฟ 220 V (ไฟบ้าน) โดยใช้สายพ่วงต่อไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟฟ้า เพื่อให้สามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านตามปกติได้ การออกแบบไม่รวมชุดลากจูง (ภาพ 1)



ภาพ 1 ต้นแบบรถขายอาหารในโครงการ
ที่มา : ถ่ายภาพโดย ผู้วิจัย

ปัจจัย ตัวแปร และกรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยด้านรูปแบบของรถขายอาหาร โดยคาดว่า รูปแบบของรถฯ จะส่งผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในรถ ในกรอบแนวคิดการวิจัยกำหนดให้รูปแบบของรถฯ เป็นตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบพื้นที่ปิด (enclosed space) และรูปแบบพื้นที่เปิด (open space) โดยมีปัจจัยควบคุม ได้แก่ ขนาดพื้นที่ และวัสดุรถ ซึ่งคาดว่า จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} และความดังของเสียงภายในรถ (ภาพ 2)



ภาพ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย
ที่มา : ผู้วิจัย

วิธีการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขั้นตอนการวิจัย

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยภาคสนามเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอก สภาพแวดล้อมภายในของต้นแบบรถขายอาหารในโครงการซึ่งเป็นรูปแบบปิดพื้นที่ และสภาพแวดล้อมภายในรถที่นำมาเปรียบเทียบซึ่งเป็นรูปแบบเปิดพื้นที่ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และสรุปผลการศึกษา การทดสอบนี้ทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 14 ชั่วโมงเพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของสภาพแวดล้อมทุกช่วงเวลาในการขายอาหาร (การใช้รถขายอาหารโดยส่วนใหญ่จะขายช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ไม่จอดขายตลอดทั้งวัน) และกำหนดการเก็บข้อมูลในช่วงฤดูร้อนเพราะสภาพอากาศร้อนส่งผลกระทบต่อรถและผู้ใช้รถขายอาหารมากกว่าฤดูกาลอื่น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล (Data logger) รุ่น BENETECH GM1365 สำหรับวัดและบันทึกอุณหภูมิ ช่วงการวัด -30 °C ถึง 80 °C, ความแม่นยำ ±0.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงการวัด 0-100% RH ความแม่นยำ ±2% RH โดยจัดเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำภายใน จำนวน 3 ชุด

- เครื่องวัดคุณภาพอากาศ (Air Quality Detector meter) รุ่น OneAirQTech 6-In-1 Smart Air Quality Monitor สำหรับวัดค่า $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO, CO_2 , HCHO, TVOC ขีดจำกัดการตรวจจับ (Detection limit): $1 \mu g/m^3$ โดยมีช่วงวัด $PM_{2.5}$: 0-999 $\mu g/m^3$ และแสดงผลผ่านหน้าจอสี จำนวน 3 ชุด

- เครื่องวัดเสียง (Standard Sound Level Meter) รุ่น BENETECH GM1356 Data Logger ช่วงการวัด 30-130 dB(A) ความแม่นยำ ± 1.5 dB ความละเอียด 0.1 dB ตั้งค่าแบบ A-weighting และ slow response จัดเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำภายใน จำนวน 3 ชุด

- เครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (power metering socket) รุ่น KEBIDU-EU plug digital type แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 100-240 V สำหรับวัดแรงดัน กระแส กำลังไฟ และพลังงานสะสม โดยแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD จำนวน 2 ชุด

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบความสอดคล้องระหว่างเครื่องมือ (inter-instrument consistency) ด้วยวิธีวางไว้เคียงข้างกันในห้องปิดที่สภาวะแวดล้อมเดียวกัน (side-by-side comparison) เป็นเวลา 15 นาที เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และความแม่นยำสัมพัทธ์เบื้องต้น ก่อนการเก็บข้อมูลจริงได้นำ Data logger และเครื่องวัดคุณภาพอากาศ และเครื่องวัดเสียง มาวางในบริเวณที่เก็บข้อมูลเป็นเวลา 60 นาที ทำการวัดซ้ำ (repeatability) บันทึกค่าพร้อมกัน 10 ครั้งทุก ๆ 1 นาที เพื่อตรวจวัดค่าความผิดพลาดรวมของเครื่องมือให้อยู่ในเกณฑ์การยอมรับที่กำหนดไว้คือ ค่าอุณหภูมิ $\pm 1^\circ C$ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ $\pm 5\%$ ค่าการตรวจจับ $PM_{2.5}$ $\pm 15\%$ และค่าความดัง ± 1.0 dB(A) สำหรับเครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ใช้พัดลมทดสอบโดยวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง พบว่า มีการแสดงผลการวัดพลังงานเท่ากันในทุกครั้งทั้ง 2 ชุด ในการวิจัยนี้มีข้อจำกัดด้านเครื่องมือจึงสามารถตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในรถได้เพียงหนึ่งตำแหน่งเท่านั้น

ขั้นตอนการวิจัย

- สร้างต้นแบบรถขายอาหารเคลื่อนที่จำนวนสองคัน ได้แก่ ต้นแบบรถที่ออกแบบและพัฒนาในโครงการ (สีขาว) และรถที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบ (สีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นรถคันแรกที่ได้สร้างขึ้น แต่เนื่องด้วยความซับซ้อนของโครงสร้างทำให้เกิดความผิดพลาดจึงได้ยุติการสร้างและไม่ได้เปิดพื้นที่ขอรถ (ได้ใช้ศึกษาในการพัฒนาต้นแบบรถในโครงการ) และจึงนำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบผลของข้อมูลให้มีความชัดเจนมากขึ้น ดังนั้นรถทั้งสองคันจึงมีรูปแบบในการขายพื้นที่ลักษณะเดียวกัน มีขนาดพื้นที่ และวัสดุรถที่ใกล้เคียงกัน ในส่วนสีน้ำเงินของรถที่นำมาเปรียบเทียบคือแผ่นฟิล์มป้องกันรอยขีดข่วนของวัสดุซึ่งมีความบางมาก คณะผู้วิจัยได้ทำการลอกออกบางส่วนแล้วพบว่า พื้นผิวรถมีความสะท้อนแสงมากซึ่งอาจจะส่งผลต่อการทดสอบ จึงปล่อยให้คลุมพื้นผิวรถไว้บางส่วนเพื่อช่วยลดการสะท้อนรังสีความร้อน

- นำรถทั้งสองรูปแบบเก็บข้อมูลในพื้นที่วิจัย ริมทางถนนนครินทร์ บริเวณสะพานพระรามห้า จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นย่านอาหารที่สำคัญของจังหวัดนนทบุรี เป็นจุดที่มีร้านอาหาร ผู้ขายอาหารริมทางจำนวนมากและเป็นสถานที่ที่มีรถขายอาหารจอดขายอยู่ริมทาง ตลอดทั้งวันจะมีผู้คนมาซื้ออาหารเป็นจำนวนมาก

- ติดตั้งเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลภายนอก (ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายนอก) และภายในรถทั้ง 2 รูปแบบ บริเวณกลางรถวางบนโต๊ะสูงจากพื้นรถ 80 ซม. ในการทดลองไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์และไม่มีการประกอบอาหาร เก็บข้อมูลความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ โดยเริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 07:00-21:00 น. เป็นเวลา 14 ชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกในเครื่องผ่าน software เพื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุก ๆ ชั่วโมงสร้างกราฟข้อมูล

- ติดตั้งเครื่องวัดปริมาณฝุ่นภายนอกจำนวน 1 จุด และภายในรถทั้ง 2 รูปแบบ (บริเวณกลางรถ) วางบนโต๊ะเดียวกันกับเครื่องวัดและบันทึกข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูลโดยเข้าจดบันทึกค่าภายในรถทุก ๆ 1 ชั่วโมงพร้อมกัน โดยเริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 07:00-21:00 น. เป็นเวลา 14 ชั่วโมง

- วัดค่าความดังของเสียงด้วยเครื่องวัดเสียง ภายนอก และภายในรถทั้งสองรูปแบบ (บริเวณกลางรถ) วิธีการวัดความดังของเสียง โดยทุก ๆ 1 ชั่วโมง คณะผู้วิจัยจะนำเครื่องวัดเสียงทำการบันทึกเสียงพร้อมกันทั้ง 3 จุด เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำข้อมูลจากเครื่องวัดเสียงผ่าน software และทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของพลังงานเสียง (Equivalent steady sound level) ในช่วง 3 นาที ($L_{eq, 3min}$) ใช้ค่าที่ได้เป็นค่าตัวแทนของค่าความดังของเสียงทุก ๆ 1 ชั่วโมงเพื่อสร้างกราฟข้อมูล เริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 07:00-21:00 น. เป็นเวลา 14 ชั่วโมง

- เปิดอุปกรณ์ปรับอากาศ รถต้นแบบในโครงการใช้เครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่ขนาด 12000 BTU ตั้งปรับอุณหภูมิที่ 25 °C และรถขายอาหารรูปแบบเปิดพื้นที่ใช้พัสดมขนาด 16 นิ้ว แบบตั้งพื้น ตั้งปรับแรงที่สุด (โดยปกติรถขายอาหารจะใช้พัสดมช่วยในการปรับและระบายอากาศ) เปิดอุปกรณ์ปรับอากาศหลังการวัดค่าในช่วงเวลาที่ 1 พร้อมวัดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ปรับอากาศด้วยเครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Power Meter) เริ่มเวลา 08:00–21:00 น. เป็นเวลา 13 ชั่วโมง
- นำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล

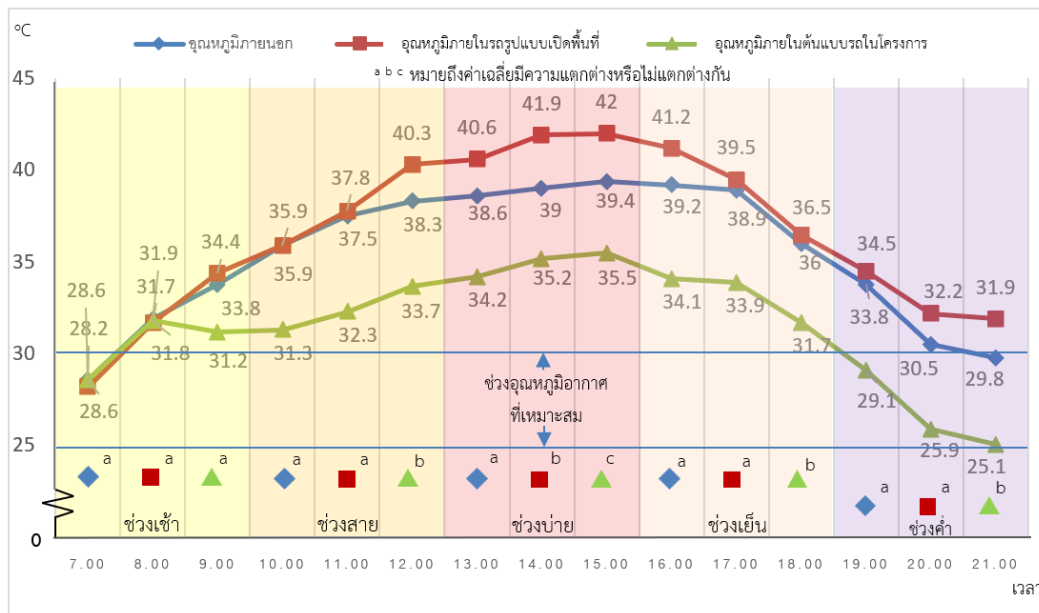


ภาพ 3 บรรยากาศการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาต่าง ๆ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ที่มา : ถ่ายภาพโดย ผู้วิจัย

ผลการวิจัยและการทดสอบความแตกต่างของคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายนอก ต้นแบบรถขายอาหารในโครงการ และภายในรถขายอาหารรูปแบบเปิดพื้นที่

การเก็บข้อมูลในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ตั้งแต่เวลา 07:00–21:00 น. รวมระยะเวลา 14 ชั่วโมง 15 ชุดข้อมูล ทดสอบความแตกต่างของคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) โดยมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ มีสมมุติฐานการวิจัย คือมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน ระหว่างภายนอกรถ ภายในรถรูปแบบเปิดพื้นที่ และภายในต้นแบบรถขายอาหารในโครงการ ผลการเก็บข้อมูลและการทดสอบความแตกต่าง ดังนี้

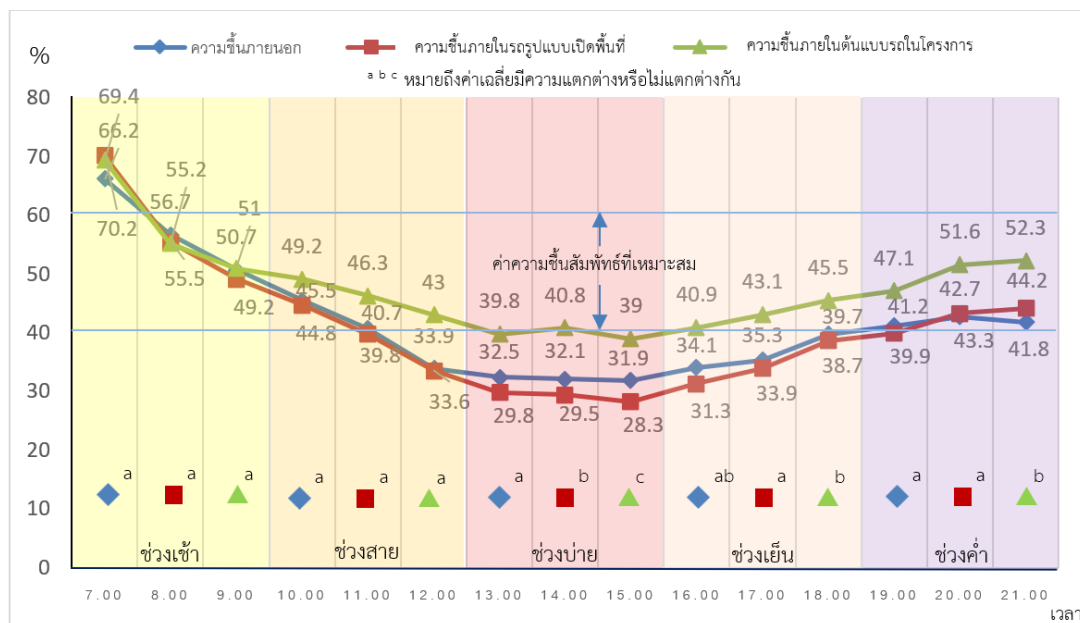
ค่าอุณหภูมิ ภายนอกรถเฉลี่ยที่ 35.4 °C สูงสุด 39.4 °C ต่ำสุด 28.6 °C ซึ่งรถขายอาหารรูปแบบเปิดพื้นที่ มีค่าความร้อนที่สูงกว่าความร้อนภายนอกเฉลี่ยที่ 36.6 °C สูงสุด 42.0 °C ต่ำสุด 28.2 °C โดยต้นแบบรถขายอาหารในโครงการ มีค่าความร้อนต่ำกว่าเฉลี่ยที่ 31.6 °C สูงสุด 35.5 °C ต่ำสุด 25.1 °C เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ พบว่า มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในช่วงสาย ($F = 10.481$ Sig.011) ช่วงบ่าย ($F = 79.300$ Sig.000) ช่วงเย็น ($F = 8.258$ Sig.019) และช่วงค่ำ ($F = 8.411$ Sig.018) (ภาพ 4)



ภาพ 4 กราฟอุณหภูมิ (ความร้อน) ภายนอกโรงการ ภายนอกแบบเปิดพื้นที่ และภายในโรงการต้นแบบในโครงการ

ที่มา : ผู้วิจัย

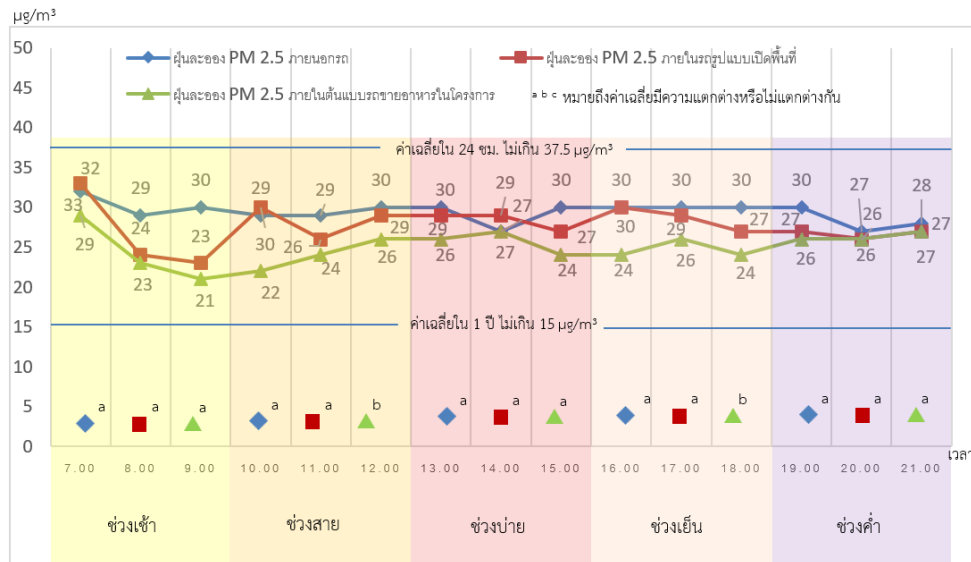
ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกโรงการเฉลี่ยที่ 41.0% สูงสุด 66.2% ต่ำสุด 31.9% ซึ่งรชขายอาหารแบบเปิดพื้นที่ มีค่าความชื้นเฉลี่ยที่ 40.8% สูงสุด 70.2% ต่ำสุด 28.3% ต้นแบบรชขายอาหารในโครงการมีค่าความชื้นเฉลี่ยที่ 47.6% สูงสุด 69.4% ต่ำสุด 39.0% เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงบ่าย ($F = 177.529$ Sig.000) ช่วงเย็น ($F = 6.520$ Sig.031) และช่วงค่ำ ($F = 14.623$ Sig.005) (ภาพ 5)



ภาพ 5 กราฟความชื้น ภายนอกโรงการ ภายนอกแบบเปิดพื้นที่ และภายในโรงการต้นแบบในโครงการ

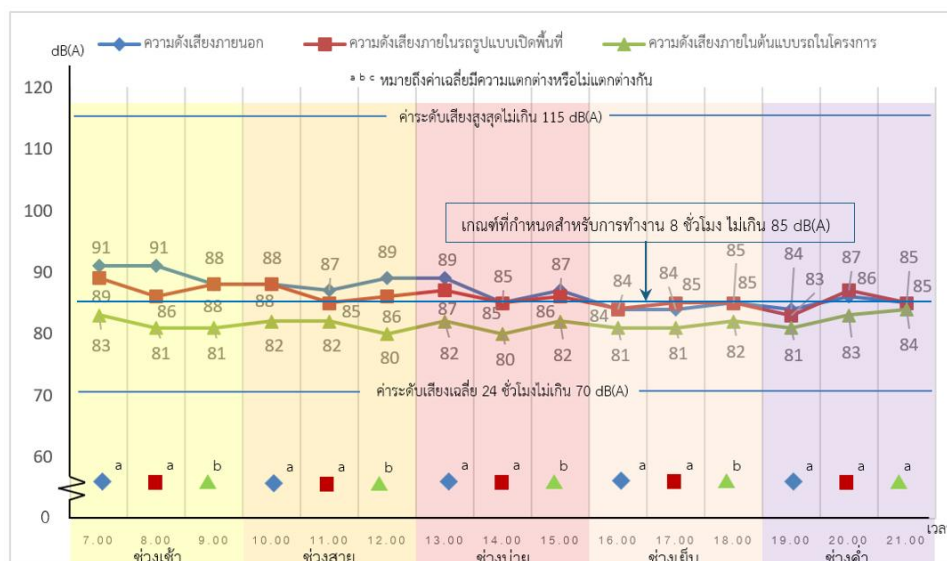
ที่มา : ผู้วิจัย

ค่าปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ภายนอกเฉลี่ยที่ $29.4 \mu g/m^3$ สูงสุด $32.0 \mu g/m^3$ ต่ำสุด $27.0 \mu g/m^3$ รถขายอาหารรูปแบบเปิดพื้นที่มีค่าเฉลี่ยที่ $27.7 \mu g/m^3$ สูงสุด $33.0 \mu g/m^3$ ต่ำสุด $23.0 \mu g/m^3$ ต้นแบบรถขายอาหาร ในค่าเฉลี่ยที่ $25.0 \mu g/m^3$ สูงสุด $29.0 \mu g/m^3$ ต่ำสุด $21.0 \mu g/m^3$ เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ พบว่า มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วงสาย ($F = 8.346$ Sig.018) และช่วงเย็น ($F = 18.909$ Sig.003) (ภาพ 6)



ภาพ 6 กราฟฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ภายนอก ภายในรถรูปแบบเปิดพื้นที่ และภายในต้นแบบในโครงการ
ที่มา : ผู้วิจัย

ค่าความดังของเสียง ภายนอกเฉลี่ยที่ 86.9 dB(A) สูงสุด 91.0 dB(A) ต่ำสุด 84.0 dB(A) รถขายอาหารรูปแบบเปิดพื้นที่มีค่าเฉลี่ยที่ 85.9 dB(A) สูงสุด 89.0 dB(A) ต่ำสุด 83.0 dB(A) ต้นแบบรถขายอาหารในโครงการ มีค่าเฉลี่ยที่ 81.7 dB(A) สูงสุด 84.0 dB(A) ต่ำสุด 80.0 dB(A) เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าความดังของเสียง พบว่า มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในช่วงเช้า ($F = 24.950$ Sig.001) ช่วงสาย ($F = 23.214$ Sig.001) ช่วงบ่าย ($F = 13.00$ Sig.007) และช่วงเย็น ($F = 30.333$ Sig.001) (ภาพ 7)



ภาพ 7 กราฟความดังของเสียง ภายนอก ภายในรถรูปแบบเปิดพื้นที่ และภายในต้นแบบรถในโครงการ
ที่มา : ผู้วิจัย

สรุป อภิปรายผล ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า ต้นแบบรถขายอาหารในโครงการสามารถสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในได้เหมาะสมกว่ารถขายอาหารที่นำมาร่วมทดสอบ โดยสามารถสรุปความแตกต่างด้วยการทดสอบทางสถิติและอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

อุณหภูมิอากาศ (ความร้อน) สภาพอากาศในวันที่ทำการเก็บข้อมูลมีอุณหภูมิสูง รถทั้งสองรูปแบบได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงบ่ายซึ่งเป็นช่วงที่มีรังสีความร้อนสูงที่สุด ส่งผลให้อุณหภูมิภายในรถเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก รถขายอาหารรูปแบบเปิดพื้นที่มีอุณหภูมิสูงสุดถึง 42.0°C ซึ่งสูงกว่าความร้อนภายนอก 2.6°C ปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการสะสมความร้อนภายในยานพาหนะที่จอดกลางแจ้ง ซึ่งพบว่า ภายในรถสามารถเกิดการกักเก็บความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์จนเกิดอุณหภูมิสูงมากได้ (Aljubury et al., 2015; McLaren et al., 2005; Toi et al., 2022) และในบางกรณีอุณหภูมิภายในรถอาจสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกได้ถึง $20\text{--}35^{\circ}\text{C}$ (Abd-Fadeel & Hassanein, 2013; Horak et al., 2017) ในขณะที่ต้นแบบรถขายอาหารในโครงการมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่ารถรูปแบบเปิดพื้นที่ 6.5°C โดยประมาณ แสดงให้เห็นว่า การออกแบบพื้นที่ปิดรวมกับการใช้ระบบปรับอากาศสามารถช่วยลดความร้อนภายในพื้นที่ใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิภายในรถยังคงอยู่ในระดับสูงเกินช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม ($25\text{--}30^{\circ}\text{C}$) คณะผู้วิจัยได้วางแนวทางในการเพิ่มขนาดเครื่องปรับอากาศให้มีความเหมาะสม ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อแนวทางในการปรับปรุง

ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ผกผันกับอุณหภูมิ โดยต้นแบบรถในโครงการสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 47.6% สูงสุด 69.4% ต่ำสุด 39.0% อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ($40\text{--}60\%$) ได้ดีกว่ารถรูปแบบเปิดพื้นที่ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 40.8% สูงสุด 70.2% ต่ำสุด 28.3% ระบบปรับอากาศมีส่วนช่วยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในพื้นที่ปิดได้ดี (Mallay, 2024: 3) ในขณะที่รถรูปแบบเปิดพื้นที่มีอุณหภูมิสูงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงอย่างมาก

ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} รถขายอาหารรูปแบบเปิดพื้นที่มีปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ไม่แตกต่างกับสภาพแวดล้อมภายนอก เนื่องจากไม่มีโครงสร้างที่สามารถป้องกันการไหลเข้าของอากาศที่มีฝุ่นปะปนจากภายนอก ในขณะที่ต้นแบบรถในโครงการมีค่าฝุ่น PM_{2.5} เฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อย โดยมีความแตกต่างสูงสุดประมาณ $9\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ผลการศึกษานี้สะท้อนว่า การปิดพื้นที่และการใช้เครื่องปรับอากาศสามารถช่วยลดการไหลเข้าของฝุ่นจากภายนอกได้น้อยมาก อย่างไรก็ตามค่าฝุ่น PM_{2.5} ที่ตรวจวัดได้ยังต่ำกว่าเกณฑ์ของประเทศไทยที่กำหนดค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน $37.5\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ แต่ก็ยังสูงกว่าเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโลกแนะนำที่ไม่เกิน $15\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (WHO, 2021) ในประเทศไทยปัญหาฝุ่น PM_{2.5} เกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ แต่มีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหาระยะยาว ดังนั้นจึงควรติดตั้งเครื่องฟอกอากาศที่ใช้แผ่นกรอง HEPA เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ความดังของเสียง พื้นที่วิจัยตั้งอยู่บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ส่งผลให้มีระดับเสียงจากการจราจรในระดับสูง สอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับเสียงจราจรที่มีความหนาแน่นในกรุงเทพฯ (Leong & Preecha Laortanakul, 2003) จากข้อมูลพบว่า เสียงภายนอกเฉลี่ยที่ 86.9 dB(A) และภายในรถรูปแบบเปิดพื้นที่เฉลี่ยที่ 85.9 dB(A) มีค่าไม่แตกต่างกันและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 85 dB(A) สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมงเล็กน้อย (กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559, 2559) ในขณะที่ต้นแบบรถในโครงการมีค่าเฉลี่ย 81.7 dB(A) ซึ่งต่ำกว่ารถรูปแบบเปิดพื้นที่ประมาณ 4.2 dB(A) เสียงจราจรมีลักษณะเด่นในย่านความถี่กลางและต่ำ (Everest & Pohlmann, 2009) ซึ่งส่งผลต่อต้นแบบรถในโครงการเนื่องจากมีประตูกระจกบานเลื่อนด้านหน้าและมีบานกระจกด้านข้างทั้งสองด้านขนาดใหญ่ซึ่งเป็นวัสดุที่บาง จึงไม่สามารถป้องกันเสียงย่านเสียงกลางและต่ำได้ดีนัก

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการปรับและระบายอากาศ จากการทดลองเป็นเวลา 13 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีความแตกต่างกัน 17.479 kWh หากคำนวณค่าไฟเฉลี่ย 4 บาท/kWh จะมีค่าใช้จ่ายแตกต่างกันประมาณ 5.4 บาทต่อชั่วโมง

แนวทางในการปรับปรุง จากผลการวิจัยคณะผู้วิจัยมีแนวทางในการปรับปรุงต้นแบบรถฯ เพื่อสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในเพื่อส่งเสริมสุขภาพผู้ขายให้เหมาะสมมากขึ้น ดังนี้

ปรับปรุงระบบโครงสร้าง

- ตรวจสอบและปิดจุดรั่วไหลของอากาศ (air leaks) คณะผู้วิจัยคาดว่า ต้นแบบรถฯ ยังมีจุดรั่วไหลของอากาศ ซึ่งอาจเกิดจากโครงสร้างรถประกบกันไม่สนิทในบริเวณที่เป็นจุดเชื่อมต่อเมื่อขยายพื้นที่การใช้งาน หรือบริเวณจุดพับของพื้นรถ ซึ่งจะดำเนินการตรวจสอบโดยการใช้เครื่องพ่นควัน (smoke generator) ค้นหาจุดรั่วไหลของอากาศและปิดกั้นด้วยแถบซีลยาง (rubber seal strip) ให้มิดชิดทั้งหมด

- เปลี่ยนกระจกกรด จากข้อมูลความดังของเสียงภายในต้นแบบรถฯ ยังคงเกินเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป (70.0 dB(A)) ซึ่งจากการคำนวณพื้นที่กระจกของต้นแบบรถฯ พบว่า มีสัดส่วนถึง 27.5% ของพื้นที่ทั้งหมด คณะผู้วิจัยจึงพิจารณาเปลี่ยนกระจกของรถ จากเดิมใช้กระจกเทมเปอร์หนา 6 มม. เป็นกระจกลามิเนตชนิดฟิล์มอะคูสติก (laminated acoustic glass) ความหนา 6+6 มม. ฟิล์มอะคูสติก PVB ความหนา 0.76 มม. จากข้อมูลคุณลักษณะเฉพาะของกระจกดังกล่าว พบว่า มีค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Sound Transmission Loss: STL) ในช่วงความถี่กลางค่อนข้างต่ำ (250–4,000 Hz) โดยเฉลี่ยสูงกว่ากระจกแผ่นเดียว (38.9 dB เทียบกับ 29.2 dB) แต่ที่มีความสำคัญคือในช่วงความถี่ประมาณ 500–4,000 Hz กระจกมักเกิดปรากฏการณ์ความถี่พ้อง (coincidence effect) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของกระจกลดลง (coincidence dip) ในขณะที่ในช่วงความถี่เสียงที่มนุษย์มีความไวต่อการรับรู้เสียงมาก ซึ่งฟิล์มอะคูสติกสามารถช่วยเพิ่มค่าการหน่วง (damping) ของวัสดุ ส่งผลให้ค่า STL ในช่วงความถี่นี้สูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับกระจกแผ่นเดียวทั่วไป (Ju, 2020) นอกจากนี้การใช้กระจกลามิเนตยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยในระหว่างการลากจูง

- เปลี่ยนฟิล์มกรองแสง จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า ฟิล์มกรองแสงเดิม (ฟิล์มเซรามิก) มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่เพียงพอสำหรับช่วงที่มีแสงแดดแรงมาก คณะผู้วิจัยจึงพิจารณาเปลี่ยนเป็นฟิล์มประเภทนาโนเซรามิกซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน (Shaker et al., 2025) โดยเลือกค่าการป้องกันรังสีอินฟราเรด (Infrared Rejection: IRR) ที่ $\geq 90\%$ (เดิม $\approx 60\%$) ค่าลดความร้อนรวม (Total Solar Energy Rejected: TSER) ที่ $\geq 60\%$ (เดิม $\approx 40\%$) ค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Visible Light Transmission: VLT) ที่ $\leq 20\%$ (เดิม $\approx 50\%$) ค่าการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Rejection: UVR) ที่ 99% (เท่าเดิม) ข้อดีของฟิล์มนาโนเซรามิกอีกประการหนึ่งคือไม่กีดกันสัญญาณ GPS และสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่

- เปลี่ยนวัสดุกรุผนังจากพอลิไธรีนโฟมเป็นแผ่นใยหิน (rockwool) ความหนา 2.5 ซม. ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีทั้งด้านการเป็นฉนวน การป้องกันเสียง และป้องกันการติดไฟ (Yang & Zhang, 2012)

ปรับปรุงระบบความร้อน ระบายอากาศ และปรับอากาศ (Heating, Ventilation, and Air Conditioning: HVAC)

รถขายอาหารมีกิจกรรมประกอบอาหารและมีอุปกรณ์ที่สร้างความร้อนและความชื้น รวมทั้งควันและไขมัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบ HVAC โดยในโครงการพิจารณาใช้แนวทางของมาตรฐาน ASHRAE Standard 154 (ASHRAE, 2016) จากเกณฑ์ต้นแบบรถฯ มีลักษณะการใช้งานเป็นครีวขนาดกลาง (medium duty) ใช้เครื่องดูดควัน (exhaust hood) ขนาด 0.6 m (≈ 1.97 ft) คำนวณอัตราการไหลอากาศได้ ≈ 600 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM) ดังนั้นเพื่อให้ระบบ HVAC มีความเหมาะสม จึงพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

- เครื่องกรองและเติมอากาศแรงดันบวก (positive pressure air purifier) อัตราการส่งผ่านอากาศ (Clean Air Delivery Rate: CADR) 630–650 CFM ทำหน้าที่เติมอากาศทดแทนอากาศที่ถูกนำออก (makeup air) และสร้างแรงดันบวกภายในรถเล็กน้อย ป้องกันฝุ่นภายนอกจากจุดรั่วไหลของอากาศ และบริเวณจุดรับ-ส่งอาหาร

- เครื่องฟอกอากาศที่ใช้แผ่นกรอง HEPA ระดับ H13 CADR ≈ 235 CFM คำนวณอัตราการหมุนเวียนอากาศ (Air Changes per Hour: ACH) ได้ 37 รอบ/ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงอัตราที่แนะนำสำหรับห้องครัว (Tsang et al., 2023) และเหมาะสม

กับขนาดพื้นที่ต้นแบบรถ (10.8 ลบ.ม.) เพื่อหมุนเวียนและกรองอากาศภายใน (air recirculation) รองรับกิจกรรมประกอบอาหารภายในต้นแบบรถฯ

- คำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม จากข้อมูลอุณหภูมิภายในต้นแบบรถฯ ยังสูงเกินช่วงที่เหมาะสม ซึ่งเกิดจากตัวแปรความร้อนของต้นแบบรถฯ ได้แก่ วัสดุโครงสร้างและวัสดุประกอบโครงสร้างที่เป็นโลหะและกระจก รวมทั้งสภาพอากาศริมถนนที่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ส่งผลให้ความร้อนเข้าสู่พื้นที่ภายใน (heat gain) สูงมาก การคำนวณภาระความเย็น (cooling load) คณะผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณอัตราการไหลของอากาศและภาระความเย็นในครัวเชิงพาณิชย์ (Tabunshchikov et al., 2020) โดยมีวิธีการคำนวณ 4 ส่วน ได้แก่ คำนวณภาระความร้อนรวมและภาระความชื้นรวม (heat and moisture loads) คำนวณการระบายอากาศเสีย (the exhaust airflow rate) คำนวณอัตราการไหลของอากาศที่จ่ายเข้า (the supply airflow rate) และคำนวณค่าพารามิเตอร์อากาศในพื้นที่ (the air parameters in the occupied zone) โดยนำข้อมูลจากการทดสอบ ข้อมูลวัสดุต้นแบบรถฯ ที่จะดำเนินการปรับปรุง ข้อมูลระบบ HVAC และข้อมูลพารามิเตอร์อ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณจากมาตรฐาน ASHRAE Handbook—Fundamentals (ASHRAE, 2017) มาทำการสร้างตารางคำนวณ (spreadsheet excel) โดยกำหนดอุณหภูมิเป้าหมายที่ 26 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 50% ในเบื้องต้นคำนวณภาระความเย็นอยู่ที่ประมาณ 43176 BTU/h และเพิ่มปัจจัยเพื่อความปลอดภัย (safety factor) ที่ 10% ดังนั้นจะได้ภาระความเย็นจากการคำนวณที่ ≈ 47500 BTU/h ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พิจารณาใช้เครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 เครื่อง (36000 BTU + 12000 BTU) สำหรับในกรณีที่ผู้ใช้เครื่องดูดอากาศและเครื่องเติมอากาศจะเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียง 1 เครื่อง โดยเลือกขนาดที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในขณะนั้นเพื่อการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย

สภาพแวดล้อมริมทางมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในรถขายอาหารและนำไปสู่ผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ขายอาหารเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอข้อมูลภาคสนามซึ่งทำให้ทราบถึงภาระสูงสุด (peak load) ของรถขายอาหารทั้งสองลักษณะที่มีต่อสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงที่สภาพแวดล้อมมีความรุนแรงทั้งด้านอุณหภูมิ ปริมาณฝุ่น และเสียงดัง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการหรือผู้ที่สนใจในการใช้รถขายอาหาร แม้ว่าต้นแบบรถดังกล่าวยังต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม แต่อย่างไรก็ตามแนวทางการออกแบบนี้ยังคงช่วยสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในรถที่ดีขึ้นส่งเสริมสุขภาพของผู้ขายอาหาร นอกจากนี้ยังคาดว่าจะช่วยในด้านความสะอาดและคุณภาพของอาหารให้สอดคล้องกับหลักสุขาภิบาลของสถานที่จำหน่ายอาหาร ซึ่งจะเป็นประเด็นที่จะศึกษาเพิ่มเติมในโครงการต่อไป เพื่อเป็นการยกระดับการจำหน่ายอาหารริมทางและสนับสนุนเศรษฐกิจฐานราก

ข้อจำกัดการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยกำหนดวิธีการศึกษาและควบคุมตัวแปรต่าง ๆ อย่างรัดกุม แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษายังคงมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาเพื่อการประยุกต์ใช้ผลการศึกษาในบริบทอื่น ๆ ดังนี้

- การเก็บข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในรถทำการตรวจวัดเพียงหนึ่งตำแหน่ง เนื่องจากข้อจำกัดด้านจำนวนเครื่องมือวัด จึงอาจยังไม่สามารถสะท้อนความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในตำแหน่งอื่น ๆ ภายในพื้นที่ใช้งานได้อย่างครบถ้วน ตัวอย่างเช่น ในการทดลองนี้ตรวจวัดอุณหภูมิและความดังของเสียง บริเวณกลางรถซึ่งเป็นกระจกบานใหญ่ ในจุดนี้จะมีความบางของวัสดุแตกต่างจากส่วนหน้ารถและส่วนท้ายรถซึ่งเป็นผนังสองชั้นกีดกัน
- การทดลองดำเนินการในสภาวะที่ไม่มีการประกอบอาหารจริง ซึ่งในสถานการณ์การใช้งานจริงกิจกรรมการประกอบอาหารจะส่งผลต่ออุณหภูมิ ความชื้น รวมถึงปริมาณฝุ่นละอองภายในพื้นที่ได้มาก
- เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดบางส่วนเป็นเครื่องมือระดับผู้บริโภค (consumer-grade instruments) แม้ว่าจะมีการตรวจสอบความสอดคล้องของเครื่องมือก่อนการเก็บข้อมูลแล้ว แต่ก็อาจมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานในระดับห้องปฏิบัติการ

ข้อเสนอแนะการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในรถขายอาหารเคลื่อนที่มีความสมบูรณ์และครอบคลุมมากยิ่งขึ้น รวมทั้งงานวิจัยในอนาคตที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ควรพิจารณาแนวทางการวิจัยเพิ่มเติมในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- พิจารณาตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมเพิ่มเติม เช่น ความเร็วลม และอุณหภูมิแผ่รังสีเฉลี่ย (mean radiant temperature) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการคำนวณดัชนีความเครียดจากความร้อน (WBGT) เพื่อให้สามารถประเมินความสบายทางอุณหภูมิของผู้ใช้รถขายอาหารได้อย่างครบถ้วนมากยิ่งขึ้น
- เพิ่มจำนวนจุดตรวจวัดภายในรถเพื่อให้สามารถวิเคราะห์การกระจายตัวของสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ได้ละเอียดมากขึ้น
- ดำเนินการทดลองในสภาวะการใช้งานจริงที่มีการประกอบอาหาร เพื่อประเมินผลกระทบของกิจกรรมการทำอาหารต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายใน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง การออกแบบรถขายอาหารเคลื่อนที่ประเภทลากจูงเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้งานเชิงพื้นที่และสนับสนุนสุขลักษณะที่ดีของสถานที่จำหน่ายอาหาร ได้รับทุนสนับสนุนปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บรรณานุกรม

- กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559. (2559, 28 กรกฎาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 133 ตอนที่ 91 ก หน้า 48-54.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2555). *คู่มือประชาชนเรื่องมลพิษทางเสียง : โลกนี้...เสียงดัง* (พิมพ์ครั้งที่ 6). บริษัท กรังด์ปรีซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด. https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/pcdnew-2020-05-20_04-34-23_880633.pdf
- กรมควบคุมมลพิษ. (2567). *แผนแม่บทจัดการมลพิษทางเสียงและความสั่นสะเทือนระยะ 15 ปี (พ.ศ. 2566-2580) และแผนปฏิบัติการด้านการจัดการมลพิษทางเสียงและความสั่นสะเทือน 3 ระยะ*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. <https://www.pcd.go.th/strategy/scategory/sound-vibration/>
- กรมอนามัย. (2567). *รายงานสถานการณ์และผลการดำเนินงานการเฝ้าระวังและสื่อสารเตือนภัยสุขภาพจากความร้อน (รายงานประจำปี 2566)*. <https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/219070>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). *ความชื้นสัมพัทธ์*. <https://tmd.go.th/info/ความชื้นสัมพัทธ์>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567, 31 ธันวาคม). *สรุปลักษณะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2567*. <https://www5.tmd.go.th/climate/summaryyearly/2024-1>
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป. (2540, 3 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 114 ตอนที่ 27 ง หน้า 1-2.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไป. (2565, 1 มิถุนายน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 139 ตอนที่ 163 ง (ตอนพิเศษ) หน้า 21-22.
- Abd-Fadeel, W. A., & Hassanein, S. A. (2013). Temperature variations in a parked car exposed to direct sun during hot and dry climates. *International Journal of Automobile Engineering Research & Development*, 3(1), 75-80.
- Aljubury, I. M. A., Farhan, A. A., & Mussa, M. A. (2015). Experimental study of interior temperature distribution inside parked automobile cabin. *Journal of Engineering*, 21(3), 1-10.
- Amesho, K. T. T., Lin, Y.-C., Gong, Z.-W., Chou, F.-C., Cheng, P.-C., Wang, T.-N., Chen, P.-S., Chen, K.-S., Chang, K.-L., & Lee, C.-H. (2021). Assessment of PM2.5 chemical composition and air quality monitoring: Implications of air pollutants emissions from a night market in Kaohsiung City, Taiwan. *Aerosol and Air Quality Research*, 21(12), 210206. <https://doi.org/10.4209/aaqr.210206>
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2016). *ANSI/ASHRAE Standard 154-2016: Ventilation for commercial cooking operations*. <https://www.ashrae.org/standards>
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2017). *2017 ASHRAE handbook-Fundamentals I-P Edition*. ASHRAE.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2021). *ANSI/ASHRAE addenduma to ANSI/ASHRAE standard 55-2020: Thermal environmental conditions for human occupancy*. https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/55_2017_d_20200731.pdf

- Bispo, M. D., & Almeida, L. L. (2020). Food trucks and food parks as a social innovation of eating out practice: A study in João Pessoa – Brazil. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20, Article 100209. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100209>
- Buya, S., Gokon, H., Huynh, V.-N., Dam, I.-C., Usanavasin, S., Karnjana, J., & Taneepanichskul, N. (2025). Spatiotemporal association between monthly PM2.5 levels and cardiorespiratory mortality in Thailand (2026). *International Journal of Environmental Health Research*, 36(1), 41-52. <https://doi.org/10.1080/09603123.2025.2458726>
- Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2009). *Master handbook of acoustics* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Guarnieri, G., Olivieri, B., Senna, G., & Vianello, A. (2023). Relative humidity and its impact on the immune system and infections. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 9456. <https://doi.org/10.3390/ijms24119456>
- Horak, J., Schmerold, I., Wimmer, K., & Schauburger, G. (2017). Cabin air temperature of parked vehicles in summer conditions: Life-threatening environment for children and pets calculated by a dynamic model. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1), 107–118. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1861-3>
- IQAir AirVisual. (2019). *2018 world air quality report: Region & city PM2.5 ranking*. <https://www.iqair.com/dl/pdf-reports/world-air-quality-report-2018-en.pdf>
- Ju, H. (2020, May 6). *Architectural acoustic glazing*. Glass on Web. <https://www.glassonweb.com/article/architectural-acoustic-glazing>
- Kanjanasiranont, N., Butburee, T., & Peerakiatkhajohn, P. (2022). Characteristics of PM10 levels monitored in Bangkok. *Atmosphere*, 13(2), 239. <https://doi.org/10.3390/atmos13020239>
- Kraus, S., Sen, S., Savitskie, K., Kumar, S. K., & Brooks, J., Jr. (2022). Attracting the millennial customer: The case of food trucks. *British Food Journal*, 124(13), 165–182. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2021-0996>
- Leong, S. T., & Laortanakul, P. (2003, June). Monitoring and assessment of daily exposure of roadside workers to traffic noise levels in an Asian city: A case study of Bangkok streets. *Environmental Monitoring and Assessment*, 85(1), 69–85. <https://doi.org/10.1023/A:1023305216910>
- McLaren, C., Null, J., & Quinn, J. (2005). Heat stress from enclosed vehicles: Moderate ambient temperatures cause significant temperature rise in enclosed vehicles. *Pediatrics*, 116(1), e109–e112. <https://doi.org/10.1542/peds.2004-2368>
- Mallay, D. (2024). *Advanced HVAC humidity control for hot-humid climates* (Report No. DOE/GO-102024-5752). Home Innovation Research Labs. <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/83357.pdf>
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Frontiers in Public Health*, 8, Article 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Posudin, Y. (2014). *Methods of measuring environmental parameters*. John Wiley & Sons.
- Shaker, L. M., Abdulla, S., & Makline, R. (2025). *The physiological impacts of nano-ceramic window films in hot-climate architecture: Theoretical biological study*. *AUIQ Complementary Biological System*, 2(2), 101–107. <https://doi.org/10.70176/3007-973X.1039>

- Spherical Insights. (2024, August). *Food truck market size, share, and growth analysis 2023–2033*.
<https://www.sphericalinsights.com/reports/food-truck-market>
- Tabunshchikov, I. A., Kolubkov, A. N., Brodach, M. M., & Avakian, I. S. (2020, September). *Calculating airflow rates, cooling loads in commercial kitchens*. *ASHRAE Journal*, 62(8), 48–50.
- Toi, P. V., Quang, T. N., Duy, N. V., & Dat, M. V. (2022). The variation of temperature in parked car’s cabin in the summer. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, 16(4), 129–136.
[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2022-16\(4\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2022-16(4)-10)
- Tran, T., Dat, V. H., Phuong, V. N., Tu, T. H. C., Duong, D. V., & Loc, H. H. (2024). Assessing urban street food safety among youth: The impact of road dust on potential microbial contamination risks to student health. *Microbial Risk Analysis*, 27–28(2), Article 100327. <https://doi.org/10.1016/j.mran.2024.100327>
- Tsang, T. W., Wong, L. T., Mui, K. W., & Poon, C. Y. (2023). Influences of home kitchen designs on indoor air quality. *Indoor and Built Environment*, 32(7), 1429–1438. <https://doi.org/10.1177/1420326X231164290>
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- Yang, S. J., & Zhang, L. W. (2012). Research on properties of rock-mineral wool as thermal insulation material for construction. *Advanced Materials Research*, 450–451, 618–622. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.450-451.618>